

Bag kulisserne i LHC

Af Christian Buhl Sørensen, Syddansk Universitet og CERN

Et eksempel på ingeniørarbejdet bag sikkerhedssystemer i Large Hadron Collider (LHC) forklares; et feasibility study om måling af abort gap intensiteten med diamantdetektorer vha. interaktioner mellem neon og protonerne i LHC.

Indledning

Jeg vil med denne artikel fortælle om den anden side af LHC. Man hører ofte om de resultater, der produceres i de store eksperimenter (cern'isk for detektorer) som ATLAS, MOEDAL og LHCb – senest indikationerne af Higgs-partiklen. Man hører i mindre grad om den fantastiske ingeniørbedrift, der ligger bag at vedligeholde og udvikle verdens største maskine: The Large Hadron Collider. LHC er en 27 km lang partikelaccelerator, der ved hjælp af superledende magneter og elektriske felter, accelererer protoner og tunge ioner op til en hastighed kun ca. 12 km/t fra lysets. Herefter bliver de bragt til kollision i detektorerne, og den partikelregn der kommer deraf, fortæller ind imellem noget om det mest grundlæggende i atomers opbygning og natur.

Jeg har det privilegium at være ansat et års tid hernede som "Technical Student" i én af de sektioner af CERN, der tager hånd om at udvikle de systemer, der overvåger og beskytter LHC, og jeg har derved førstehåndserfaring med det enorme arbejde der ligger bagved at levere partikler med så høj energi til kollisioner i detektorerne.

Ét af de vigtigste sikkerhedssystemer er muligheden for at tømme ringen for protoner. Det sker eksempelvis, hvis der måles for høje strålingsniveauer i tunnellen, hvis vakuummet bliver for dårligt et sted i ringen, eller modstanden i én af de mere end 1.500 superledende magneter bliver for høj. I alt er der ca. 25.000 forskellige signaler, der kan lede til at ringen bliver tømt.

Da der i hver af de to stråler er lagret omtrentlig 362 MJ, kræver det omtanke at tømme ringen. 362 MJ er omtrentlig den energi, der skal til at smelte et halvt ton kobber, og mere end rigeligt til at skære huller i kryostater, superledende magneter og de stålrør, der udgør vakuummet. Måden man får strålen ud af ringen er ved hjælp af en ultra-hurtig magnet (kickeren), der afbøjer strålen ud mod de-fokuseringsmagneter og 850 tons grafit, beton og stål, der absorberer protonerne. Det tager ca. 3 μ s at få kickeren op på fuld styrke, og i denne tid skal der være en partikelfattig periode for at undgå skader på acceleratorens elementer. Strålen er delt op i ca. 2808 pakker, som hver indeholder ca. $1,15 \cdot 10^{11}$ protoner. Pakkerne er 1,5 ns lange og er fordelt med 25 ns imellem sig. Derudover er der forskellige frie perioder fra de forrige acceleratore, der leverer partikler til LHC.

De 3 μ s er der taget højde for i fordelingen af partikler i ringen ("abort gap'et"), men der er enkelte

partikler, der får en smule højere eller lavere hastighed, og bevæger sig ud i abort gap'et, og det nødvendiggør konstant overvågning af partikeltætheden.

Sædvanligvis bliver det gjort ved at holde øje med intensiteten af synkrotronstrålingen fra de superledende magneter, idet abort gap'et passerer forbi. Sidste periode hvor acceleratoren kørte, blev ét af spejlene (der fanger fotoner fra synkrotronstrålingen i det synlige spektrum) i systemet skubbet ud af plads og gjorde målingen umulig. Løsningen blev at rense abort gap'et præventivt hvert 15. minut, med et forhøjet partikeltab til følge.

Hvad gør vi så?

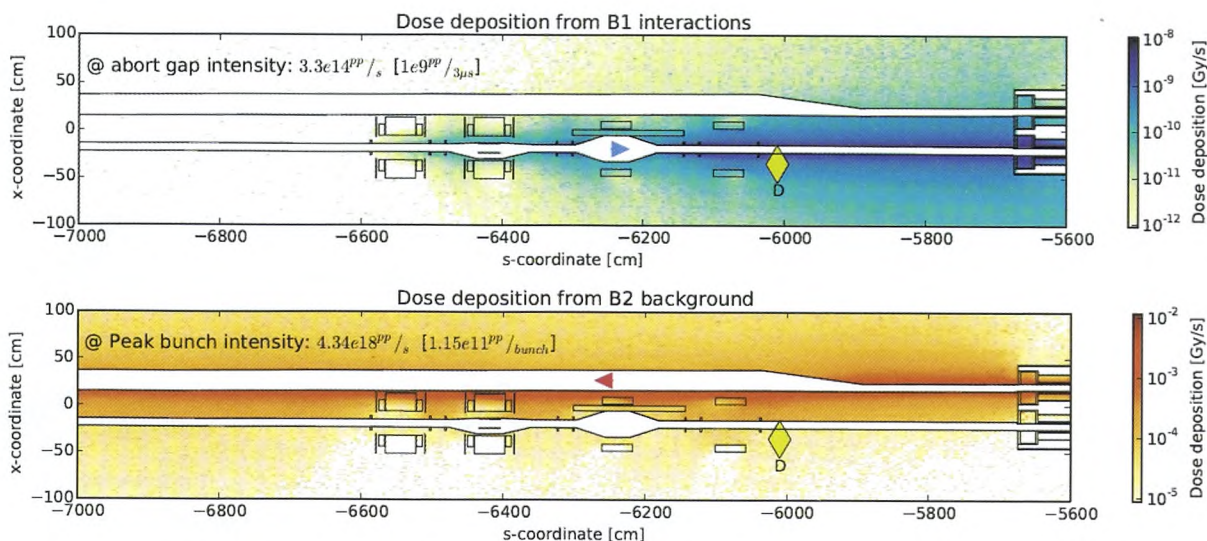
Mit arbejde har drejet sig om at beregne, hvor gode mulighederne er for en anden metode til måling af abort gap intensiteten. Det tunge regnearbejde bliver lavet med FLUKA, et program til at simulere partikelinteraktioner og partikeltransport. Fordi matematikken bag partikelinteraktioner er så kompliceret, bruger man Monte Carlo-simuleringer som fundament, hvor hver eneste partikel startes tilfældigt, og bevæger sig gennem geometrier og interaktioner efter nøje modellerede sandsynlighedsfordelinger.

I ringen er monteret et instrument, der kaldes BGI (Beam Gas Ionisation monitor). BGI'en måler, hvor bred strålen er, ved at partikelstrålen ioniserer neonatomer, der lukkes ind i vakuumrøret. Elektroner fra ioniseringen trækkes ud og detekteres på en fosforplade.

De inelastiske sammenstød mellem protoner og neonatomer giver en regn af partikler i tunnellen, som kan detekteres med diamanter. Når partikler passerer igennem en meget tynd skive diamant, danner de en mængde elektron-hul par, som kan måles. Det er muligt at detektere enkelte partikler med en opløsning i tid på 600 ps. Den meget høje opløsning i tid gør, at man vil kunne måle hvor mange interaktioner, der har fundet sted i den tid abort gap'et passerer forbi – igen proportionalt med antallet af partikler.

Problemet med metoden er, at mængden af partikler, påvirkes af et støjbidrag fra den anden stråle, der bevæger sig igennem et bedre, men stadig ikke perfekt, vakuum 40 cm derfra. Det giver anledning til 10-20 gange flere partikler, som også detekteres.

Figur 1 viser, hvor meget dosis omgivelserne absorberer i to tilfælde. Absorberet dosis er omtrentlig proportional med partikelintensiteten. Bemærk forskellen i størrelsesordener! Den gulgrønne diamant er den optimale position for diamantdetektoren.



Figur 1. Det blå plot viser, hvor meget dosis, der absorberes når abort gap'et passerer forbi mod højre, og det røde plot viser, hvor meget dosis, der absorberes på vegne af et partikelbunt, der passerer forbi i den anden stråle.

Yderligere forbedringer

Hvis man introducerer en referencedetektor, der i gennemsnit modtager lige så mange partikler fra den anden stråle, som den primære detektor gør, kan man trække de to målinger fra hinanden og opnå en noget bedre statistik. Yderligere redder man ca. 200 % mere tid at detektore i, hvis man også antager, at mængden af partikler i resten af strålen er den samme for abort gap'et.

Sidst men ikke mindst, kan man justere trykket i BGI'en. Hvis man lader det stige med en faktor 10, stiger intensiteten af partikelregnen også med en faktor 10. Dette, og det ekstra man redder med de to detektorer, gør det rent faktisk muligt at måle abort gap partikeltætheden, og reagere, hvis den er ved at blive for høj.

Livet som ingeniør på CERN

Det kan virke som et lidt obskurt indblik i 'bagsiden' af CERN, i og med at det er så specifikt. Men samtidig er det også en vigtig pointe – i så stort et projekt er der specifikke opgaver, der kræver alle slags uddannelser.

Jeg havde tidligere indtrykket af at CERN var fysikernes højborg, men i virkeligheden er fællestrækket for de, der bliver hængende, lysten. Dem der er her, har lyst til at være her. Uanset om det er software-ingeniører, brandmænd, fysikere, eller fysik-og-teknologistuderende fra SDU, som jeg, der folder sig ud.

Jeg beskæftiger mig med enormt interessante problemstillinger i et internationalt miljø uden sammenligning. Jeg har følelsen af, at man bliver anerkendt, både af folk, der har været ved CERN i 40 år og i fem måneder. Det er en vild fornemmelse at være en del af så stort et projekt, som LHC er, og der er så mange ting at berette om stedet hernede, men det vigtigste er min opfordring til at prøve det selv. Der er kortvarige og længerevarende tilbud, og det har mine varmeste anbefalinger.



Christian Buhl Sørensen er stud. M.Sc. i fysik og teknologi ved det tekniske fakultet på Syddansk Universitet og er pt. ansat som 'technical student' ved det europæiske forskningscenter for partikelfysik, CERN. Han har fokus på beskyttelsessystemer og evaluering af diaman-detektorer til overvågning af drift og forstyrrelser i strålen. Derudover i oplæring som gal videnskabsmand og sporadisk bjergbestiger.

Christian gæster SDU den 27.-28. september i forbindelse med en Fysik og Teknologi Camp for gymnasieelever. Campen er gratis. Læs mere på www.sdu.dk/fysikogteknologi/camp.